

PAT-NO: JP02001339962A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2001339962 A  
TITLE: ELECTROSTATIC ACTUATOR  
PUBN-DATE: December 7, 2001

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
NORO, MAKOTO	N/A
HARA, HITOSHI	N/A
KISHI, NAOTERU	N/A
SUZUKI, KENTARO	N/A
KASHIWADA, MASAYUKI	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
YOKOGAWA ELECTRIC CORP	N/A

APPL-NO: JP2000154604

APPL-DATE: May 25, 2000

INT-CL (IPC): H02N001/00

ABSTRACT:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an electrostatic actuator which stably operates even when an overvoltage is applied momentarily or in a pulse.

**SOLUTION:** In the electrostatic actuator which has a fixed electrode and a movable electrode facing each other and generates an electrostatic attraction between the electrodes by applying a voltage from the outside, the electrostatic actuator has an overvoltage suppression circuit which absorbs an overvoltage applied momentarily or in a pulse from the outside to protect it.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 対向配置された固定電極と可動電極を有し、この固定電極と可動電極の間に外部から電圧を印加して静電引力を発生させることにより前記可動電極を駆動する静電アクチュエータにおいて、

前記外部と前記静電アクチュエータの間に、前記外部から瞬間的にまたはパルス的に印加される過大電圧を吸収して前記静電アクチュエータを保護する過大電圧抑制回路を設けたことを特徴とする静電アクチュエータ。

【請求項2】 前記過大電圧抑制回路は、

一端が前記固定電極に接続され、他端が前記可動電極に接続されるコンデンサと、

このコンデンサと前記可動電極との接続点に一端が接続される第一抵抗と、

一端が前記固定電極に接続され、他端が前記第一抵抗の他端に接続される第二抵抗、とからなることを特徴とする請求項1記載の静電アクチュエータ。

【請求項3】 前記固定電極、前記可動電極及び前記過大電圧抑制回路は、同一基板上に形成されることを特徴とする請求項1及び請求項2記載の静電アクチュエータ。

【請求項4】 前記固定電極は、シリコン基板上に設けられた導電性を有するシリコン層が加工されることにより形成され、

前記可動電極は、前記固定電極上に層間絶縁膜を介して設けられた導電性を有するシリコン層が加工され、前記固定電極との間にギャップを有して形成され、

前記コンデンサは、前記シリコン基板上に設けられた導電性を有するシリコン層または金膜層により前記層間絶縁膜を挟み込むことにより形成され、

前記第一抵抗及び第二抵抗は、前記シリコン基板上に設けられた導電性を有するシリコン層が加工されることにより形成されることを特徴とする請求項3記載の静電アクチュエータ。

【請求項5】 前記層間膜はシリコン窒化膜であることを特徴とする請求項4記載の静電アクチュエータ。

【請求項6】 前記第一抵抗及び第二抵抗の抵抗値は、前記シリコン層の不純物濃度、不純物拡散深さ及びパターン形状を変化させることにより制御されることを特徴とする請求項4記載の静電アクチュエータ。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電極を対向させ、その電極間に電圧を印加して駆動力を発生する静電アクチュエータに関するものである。

【0002】

【従来技術】従来、静電アクチュエータの一例として、非分散赤外線 (Non-Dispersive InfraRed) ガス分析計 (以下、NDIRガス分析計と記す) に使用されるファブリペローフィルタが知ら

れている。そして、本出願人は、特願2000-41287号において、半導体のマクロロミニング技術を活用したファブリペローフィルタを提案している。

【0003】図4は、ファブリペローフィルタの断面図である。図4において、シリコン基板1上にシリコン酸化膜2を介して固定ミラー3が形成され、可動ミラー4は、固定ミラー3上に形成されたシリコン酸化膜からなる犠牲層5及び層間膜としての例えばシリコン窒化膜6上に形成されて固定ミラー3に対向配置されている。

【0004】そして、可動ミラー4に形成されたエッチング孔7より犠牲層5をエッチングして除去することにより犠牲層5の膜厚に相当するギャップhが固定ミラー3と可動ミラー4の間に形成され、可動ミラー4は外力が加えられることにより固定ミラー3の方向に変位可能となっている。

【0005】尚、固定ミラー3及び可動ミラー4は例えば多結晶シリコンからなり、固定ミラー3の表面には高濃度の不純物がドーパされて固定電極8が形成され、可動ミラー4の表面には高濃度の不純物がドーパされて可動電極9が形成されている。

【0006】そして、可動電極9に外部から通電可能とする外部電極10aが可動電極9に接触して形成され、固定電極8に外部から通電可能とする外部電極10bが固定電極8に接触して形成されている。

【0007】次に、動作を説明する。固定電極8と可動電極9に、外部電極10b、10aを介して電位差を与えると、固定電極8と可動電極9との間に静電吸引力が発生し、可動ミラー4が固定ミラー3の方向に変位し、ギャップhの長さが変化する。この電圧を変化させることにより、被測定ガスの吸収特性に対応した波長帯域の赤外線を透過させるギャップの長さを得ることができる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかし、このようなファブリペローフィルタにおいては、次のような問題点があった。ファブリペローフィルタの取り扱い中に、静電気等により外部電極10a、10bの間に定格以上の過大電圧が瞬間的に (パルス的に) 印加される場合がある。この場合、過大電圧の印加により、可動ミラー4が固定ミラー3に近接あるいは接触し、不可逆的な特性変化、シリコン窒化膜6等の層間絶縁膜の静電破壊または特性劣化を生じる。

【0009】即ち、可動電極9と固定電極8の間には不純物がドーパされていない多結晶シリコンが絶縁物として介在しているが、過大電圧により絶縁破壊を生じ、可動電極9と固定電極8の間に短絡電流が流れる。その結果、可動ミラー4と固定ミラー3とが融着し、印加電圧をゼロに戻してもギャップhは元の値に復帰することができなくなってしまう。

【0010】あるいは、印加電圧とギャップhとの関係

がヒステリシス特性を持つこととなって波長分別が不可能となり、ファブリペローフィルタの本来設計された印加電圧と透過波長との関係を失ってしまう。

【0011】本発明は上述した問題を解決するためになされたものであり、2つの外部電極の間に瞬間的にまたはパルス的に印加される過大電圧を吸収する過大電圧抑制回路と、静電アクチュエータの可動電極9及び固定電極8とを同一基板上に形成することにより、過大電圧が印加された場合においても安定して動作する静電アクチュエータを提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明の請求項1においては、対向配置された固定電極と可動電極を有し、この固定電極と可動電極の間に外部から電圧を印加して静電引力を発生させることにより前記可動電極を駆動する静電アクチュエータにおいて、前記固定と前記静電アクチュエータとの間に、前記外部から瞬間的にまたはパルス的に印加される過大電圧を吸収して前記静電アクチュエータを保護する過大電圧抑制回路を設けたことを特徴とする静電アクチュエータである。

【0013】本発明の請求項2においては、前記過大電圧抑制回路は、一端が前記固定電極に接続され、他端が前記可動電極に接続されるコンデンサと、このコンデンサと前記可動電極とに一端が接続される第一抵抗と、一端が前記固定電極に接続され、他端が前記第一抵抗の他端に接続される第二抵抗、とからなることを特徴とする請求項1記載の静電アクチュエータである。

【0014】本発明の請求項3においては、前記固定電極、前記可動電極及び前記過大電圧抑制回路は、同一基板上に形成されることを特徴とする請求項1及び請求項2記載の静電アクチュエータである。

【0015】本発明の請求項4においては、前記固定電極は、シリコン基板上に設けられた導電性を有するシリコン層が加工されることにより形成され、前記可動電極は、前記固定電極上に層間絶縁膜を介して設けられた導電性を有するシリコン層が加工され、前記固定電極との間にギャップを有して形成され、前記コンデンサは、前記シリコン基板上に設けられた導電性を有するシリコン層または金属層により前記層間絶縁膜を挟み込むことにより形成され、前記第一抵抗及び第二抵抗は、前記シリコン基板上に設けられた導電性を有するシリコン層が加工されることにより形成されることを特徴とする請求項3記載の静電アクチュエータである。

【0016】本発明の請求項5においては、前記層間絶縁はシリコン窒化膜であることを特徴とする請求項4記載の静電アクチュエータである。

【0017】本発明の請求項6においては、前記第一抵抗及び第二抵抗の抵抗値は、前記シリコン層の不純物濃度、不純物散乱深さ及びパターン形状を変化させることにより制御されることを特徴とする請求項4記載の静電

アクチュエータである。

【0018】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施例について図面を用いて説明する。尚、以下の図面において、図4と重複する部分は同一番号を付してその説明は適宜に省略する。図1は本発明の実施例の構成を示す回路図であり、図2は図1に示した回路の基板上における平面配置図である。

【0019】図1及び図2において、8は図4に示した静電アクチュエータとしてのファブリペローフィルタ11の固定電極、9は可動電極であり、10aは外部電極、10bは接地された外部電極である。

【0020】そして、固定電極8は外部電極10bに固定電極配線により接続されて接地され、固定電極8と可動電極9により、例えば容量約8pFのコンデンサCfを構成している。

【0021】そして、Cは、例えば400pFの過大電圧抑制用のコンデンサであり、その一端は可動電極配線の配線抵抗Rf（例えば約10kΩ）を介して可動電極9に接続され、コンデンサCの他端は外部電極10bに接続されて接地されている。

【0022】R1は、例えば400kΩの過大電圧抑制用の第一抵抗であり、その一端は配線抵抗Rfを介してコンデンサCと可動電極9の接続点に接続され、第一抵抗R1の他端は配線抵抗R0（例えば約10kΩ）を介して外部電極10aに接続されている。

【0023】R2は、コンデンサC及びコンデンサCfに蓄電された電荷の放電用の例えば100kΩの第二抵抗であり、第二抵抗R2の一端は外部電極10bに接続されて接地され、他端は配線抵抗R0を介して外部電極10aに接続されている。

【0024】そして、上述のコンデンサC、第一抵抗R1、第二抵抗R2により過大電圧抑制回路12を構成している。

【0025】C0は、静電気印加モデルとして外部電極10a、10bの間に接続された、例えば200pF、200Vのコンデンサであり、このコンデンサC0の放電を外部電極10a、10bの間に瞬間的に印加されるパルス状の静電気印加のモデルとする。

【0026】次に図1に示した回路の動作を説明する。図3は外部電極10a、10bの間の電圧V0と、コンデンサCfの両端の電圧Vfの時間による変化を表す特性図である。

【0027】図1において、静電気等によるパルス状の過大電圧が外部電極10a、10bに瞬間的に印加されると、（コンデンサC0が放電すると）、その瞬間だけR0→R2の方向、R0→R1→Cの方向、R0→R1→Rf→Cの方向に電流が流れるが、供給される電荷がなくなると電流はすぐに流れなくなり、外部電極間の電圧V0は、図3に示すように各抵抗の抵抗値とコ

ンデンサの容量によって決まる時定数に基づいて減衰し、200Vから一気に下がる。

【0028】この場合、コンデンサCの容量はコンデンサCfの容量に比べて極めて大きいので、過大電圧による電荷は上としてコンデンサCに吸収され、蓄電された電荷はR1→R2の方向に放電される。

【0029】そして、コンデンサCfは過大電圧によってコンデンサCに充電される量よりも極めて小さな電荷が蓄電され、蓄電されている間のコンデンサCfの両端の電圧Vfは、過大電圧200Vが抑制されて約20V程度まで上昇するが、その後Rf→R1→R2の方向に放電されて、Vfは徐々に0Vに下がる。

【0030】この場合、第一抵抗R1、第二抵抗R2の抵抗値、コンデンサCの容量を調整することによりコンデンサCfの両端の電圧Vfを所望の値以下に抑制することができ、また、回路全体の時定数を調整することができる。

【0031】例えば、静電アクチュエータを1Hz程度で駆動する場合、過大電圧抑制回路12を付加したことによる時定数の遅延はmsecオーダー以下であり、その動作に影響を与えることはない。

【0032】また、外部電極10a、10bの間に直流電圧Vを印加する通常動作時において図1の回路に流れる電流Iは、 $I = V / (R0 + R2)$ である。従って、過大電圧抑制回路12を付加したことによる電圧降下は、 $I \times R0$ となり、その値は極めて小さく、静電アクチュエータの動作に大きな影響を与えることはない。

【0033】ところで、過大電圧抑制回路12の製造においては、例えば、図4に示した層間膜としてのシリコン窒化膜6を誘電体として使用し、固定電極9及び可動電極8の作成に使用している導電性を有する多結晶シリコンまたはその他の金属でシリコン窒化膜6を挟み込んでパターンニングすることによりコンデンサCを形成する。

【0034】尚、層間膜としてのシリコン窒化膜6はシリコン酸化膜とすることも可能である。そして、第一抵抗R1、第二抵抗R2は、例えば固定電極9及び可動電極8の作成に使用している導電性を有する多結晶シリコンをパターンニングすることにより形成する。

【0035】過大電圧抑制のために、PN接合ダイオードを保護される素子に並列接続して使用する 경우가多いが、上述の過大電圧抑制回路12は、ファブリケーション11の製造プロセスで同時に作成されるコンデンサC、第一抵抗R1、第二抵抗R2により構成されて

いるので、PN接合を形成するために製造プロセスを追加して極端化することなく、安価に過大電圧から保護できる静電アクチュエータを実現することができる。

【0036】また、第一抵抗R1、第二抵抗R2の抵抗値やコンデンサCの容量は、シリコン窒化膜6の膜厚、多結晶シリコンへの不純物拡散深さ、不純物イオン注入量、パターン形状等のパラメータを変化させることにより、容易に精度良く調整することが可能である。

【0037】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の請求項1及び請求項2によれば、2つの外部電極の間に瞬間的にまたはパルス的に印加される過大電圧を吸収する過大電圧抑制回路を設けたので、瞬間的にあるいはパルス的に過大電圧が印加された場合にも、安定して動作する静電アクチュエータを提供することができる。

【0038】また、本発明の請求項3から請求項6によれば、2つの外部電極の間に瞬間的にまたはパルス的に印加される過大電圧を抑制する過大電圧抑制回路、静電アクチュエータの可動電極及び固定電極とを同一シリコン基板上に同時に形成したので、瞬間的にまたはパルス的に過大電圧が印加された場合においても安定して動作する静電アクチュエータを安価に提供することができる。

【0039】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例の回路図である。

【図2】本発明の実施例のシリコン基板上における平面配置図である。

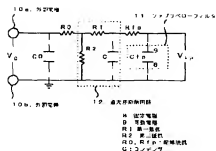
【図3】図1に示した回路の動作特性図である。

【図4】ファブリケーションフィルタの断面図である。

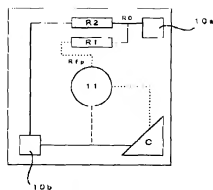
【符号の説明】

- 1 シリコン基板
- 3 固定ミラー
- 4 可動ミラー
- 6 シリコン窒化膜
- 8 固定電極
- 9 可動電極
- 10a、10b 外部電極
- 12 過大電圧抑制回路
- R1 第一抵抗
- R2 第二抵抗
- C コンデンサ
- h ギャップ

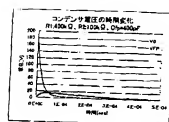
【図1】



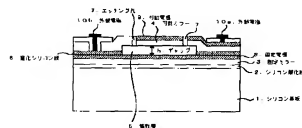
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 鈴木 健太郎  
東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横河  
電機株式会社内

(72)発明者 柏田 昌之  
東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横河  
電機株式会社内